

Emilia Viinikainen

## Valokuvakirjojen laatuvertailu

Metropolia Ammattikorkeakoulu  
Insinööri (AMK)  
Mediatekniikan koulutusohjelma  
Opinnäytetyö  
3.12.2010

Tekijä Otsikko	Emilia Viinikainen Valokuvakirjojen laatuvertailu
Sivumäärä Aika	36 sivua + 3 liitettä 3.12.2010
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	mediatekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	graafinen tekniikka
Ohjaaja(t)	projektipäällikkö Toni Spännäri lehtori Merja Nieppola
<p>Insinööriyön tarkoituksena oli tutkia ja verrata valokuvakirjojen painolaatua mittauksin ja visuaalisin arvioinnein. Työn lähtökohtana oli suunnitella mittausten menetelmät ja -tavat, joilla laatuvertailu voidaan toteuttaa.</p> <p>Kehitettyjä mittausten menetelmiä sovellettiin käytännössä neljältä eri kuvavalmistamolta tilatuissa valokuvakirjoissa. Kirjatilaukset tehtiin riviassiakkaina, eikä tilausten testitarkoituksella ollut etukäteen valmistamoiden tiedossa. Tilaukset suoritettiin kahdessa osassa, koska haluttiin tutkia, onko testikartan lisäämisellä vaikutusta painolaatuun. Molempiin kirjatilauksiin sisällytettiin visuaalisen laadun arviointiin sopiva testikuvajoukko. Toisen tilauksen kirjoihin sisällytettiin lisäksi testikartta, josta laskettiin väriprofiilit kullekin kirjalle. Valokuvakirjojen objektiivista laatua vertailtiin tarkastelemalla värintoistoalojen muotoa ja laajuutta. Referenssiarvona käytettiin myös sRGB-profiilin värintoistoalaa. Visuaalisen laadun arviointi suoritettiin koehenkilötestein.</p> <p>Värintoistoalojen laajuudessa oli havaittavissa joitakin eroja vihreän ja keltaisen sävyissä. Muodoltaan toistoalat olivat melko samankaltaisia. Kaikilla kirjojen profiileilla saavutettiin pienempi toistoala kuin sRGB-profiilissa. Visuaalisen laadun arvioinnin tuloksista saatiin hyvä yleiskäsitys valokuvakirjojen havaitusta laadusta ja kirjat voitiin asettaa paremmuusjärjestykseen.</p> <p>Verrattaessa jälkimmäistä kirjatilausta ensimmäiseen havaittiin, että kuvien laatu oli selkeästi parantunut tilausten välillä. Huomiota tukivat visuaalisen laadun arvioinnista saadut tulokset. Kuvavalmistamoilta kerättyjen tietojen mukaan laadun parantumisen taustalla olivat tuotannossa tapahtuneet muutokset. Näitä muutoksia olivat muun muassa konekannan ja ohjelmien uusiminen sekä laitteiden säännöllisten huoltotoimenpiteiden aloittaminen.</p>	
Avainsanat	valokuvakirjat, kuvavalmistamot, digitaalinen painaminen, painolaatu

Author Title	Emilia Viinikainen Photo book quality comparison
Number of Pages Date	36 pages + 3 appendices 3 December 2010
Degree	Bachelor of Engineering
Degree programme	Media Technology
Specialisation option	Graphic Technology
Instructor(s)	Toni Spännäri, Project Manager Merja Nieppola, Senior Lecturer
<p>The purpose of this Bachelor's thesis was to examine the print quality of photo books by measurements and visual evaluation. The purpose of the project was to plan the measurement methods and ways by which quality comparison can be made.</p> <p>The developed measurement methods were applied in practice in photo books ordered from four photographic retailers. The orders were made as regular customers and carried out in two separate sets. Both book order sets included a test picture group suitable for visual evaluation. The books in the second order also included a printer test image from which the color profiles of the books were calculated. The objective quality of the photo books was compared by examining the size and shape of gamuts. Visual quality evaluation was carried out through a questionnaire.</p> <p>In terms of gamut size, slight differences were noticed, for example, in green and yellow tones. The shape of the gamuts was quite similar. The results of visual evaluation gave a good impression of the overall quality of the books, and it was possible to place the books in the order of superiority.</p> <p>When comparing the two orders, it was noticed that there had been a significant improvement in print quality between the orders. Results from visual evaluation supported these observations. According to the retailers, this was a result of alterations made in production. These alternations included renewing hardware and software as well as introducing regular maintenance operations in the production.</p>	
Keywords	photobooks, photographic retailers, digital printing, print quality

## **Sisällys**

<b>1 Johdanto</b>	1
<b>2 Valokuvakirjojen nykytila ja painaminen</b>	3
2.1 Valokuvakirjojen markkinat	3
2.2 Taitto- ja tilausohjelmat	3
2.3 Digitaalisen painamisen tekniikat	5
<b>3 Digitaalisen painamisen laatu</b>	10
3.1 Painolaadun arviointi	10
3.2 Painolaadun mittaus	11
3.3 Digitaalisen painamisen laatuhäiriöt	13
<b>4 Valokuvakirjojen laatuvertailu</b>	16
4.1 Laatumittausten toteutus	16
4.2 Subjektiiiviset laatumittaukset	16
4.3 Objektiiiviset laatumittaukset	26
<b>5 Yhteenveto</b>	32
<b>Lähteet</b>	34
Liite 1. I1 Easy RGB 1.2 -testikartta	
Liite 2. Subjektiiivisen laadun arviointilomake	
Liite 3. Värintoistoalat	

## 1 Johdanto

Siirryttäessä kohti 2000-luvun ensimmäisen vuosikymmenen loppua digitaalisen painamisen merkitys lisääntyy jatkuvasti ja menetelmästä on tullut varteenotettava vaihtoehto monentyyppisille painotuotteille. Digitaalisen painotoiminnan ja tuotekonseptien kehittyminen on luonut innovatiivisille yrityksille markkinarakoja ja tuonut uusia ansaintamahdollisuuksia. Digitaalisen painotoiminnan markkinoille tulokynnys on matala verrattuna muihin painomenetelmiin, sillä sen aloituskustannukset ovat alhaiset ja laitteet maksavat itsensä takaisin lyhyessä ajassa.

Eräs digitaalitekniikan mahdollistama sovellusalue ovat suuren suosion saavuttaneet valokuvakirjat, joita voivat teettää niin yritykset kuin yksityiset kuluttajatkin. Suomessa valokuvakirjoja valmistavat perinteiset kuvavalmistamot, joiden Internet-sivuilta ladattavalla suunnitteluohjelmalla käyttäjä voi koostaa digitaalisista valokuvistaan itse tehdyn valokuvakirjan. Käyttäjän tietokoneelta valmis kirja siirretään kuvavalmistamon palvelimelle, josta siirtynyt aineisto noudetaan ja tulostetaan digitaalisella painokoneella kuvakirjaksi. Kuvavalmistamoiden tarjonnassa on eroja, ja käytössä olevat taitto-ohjelmat ja kirjojen laatu vaihtelevat suuresti.

Insinööriyön tarkoituksena on tutkia valokuvakirjojen laatua mittauksin ja visuaalisin arvioinnein. Työn toimeksiantajana on Metropolia Ammattikorkeakoulun digitaalipaino, joka tilasi insinööriyön toiveenaan selvittää, millä tasolla valokuvakirjojen laatu tällä hetkellä on. Työn pääpaino on painetun kuvanlaadun tutkimisessa, minkä lisäksi luodaan lyhyt katsaus käytössä oleviin taitto- ja tilausohjelmiin. Laadun tutkimista varten tilataan ryhmä itse koostettuja kuvakirjoja neljältä eri kuvavalmistamolta. Tilaukset tehdään riviiasiakkaina, eikä tilausten testitarkoitus ole etukäteen valmistamoiden tiedossa.

Valokuvakirjojen visuaalisen laadun selvittämiseksi tutustutaan havaittuun kuvanlaatuun liitettyihin attribuutteihin ja valitaan niiden pohjalta visuaalisen laadun arviointiin parhaiten soveltuva testikuvajoukko. Visuaalisen laadun arviointi toteutetaan koehenkilötestein. Kuvan objektiivisen laadun määrittämisen lähtökohtana on selvittää mittausmenetelmät ja -tavat, joilla valokuvakirjojen laadun arviointi voidaan toteuttaa.

Oman haasteensa laatuvertailun suunnitteluun tuo se, ettei valmistamoiden painoprosessin kulusta tai muuttujista voida sanoa mitään varmaa. Kirjojen vertailun suunnittelussa on myös otettava huomioon, ettei digitaaliselle painamiselle ole standardia, joka mahdollistaisi esimerkiksi virhearvojen asettamisen. Insinööriyössä onkin selvitettävä, mihin referenssiarvoihin saatuja tuloksia verrataan.

Objektiivisista ja subjektiivisista laatumittauksista saatujen tulosten perusteella kootaan yhteenveto valokuvakirjojen laadusta. Koska työn tulosten tarkoitus on esitellä valokuvakirjojen laatua yleisellä tasolla, ei vertailussa mukana olleiden valmistamoiden nimiä tuoda lukijan tietoon.

## **2 Valokuvakirjojen nykytila ja painaminen**

### **2.1 Valokuvakirjojen markkinat**

Valokuva-alalla perinteisten filmien kehittämisen markkinat ovat romahtaneet viime vuosina digitaalisten kameroiden takia. Valokuvia onkin nyt enemmän kuin koskaan. Jakob Bovinin [Torres 2008: 30] mukaan vuonna 2006 Länsi-Euroopassa tallennettiin ja jaettiin yhteensä 63 miljardia kuvaa, joista 14 miljardia tulostettiin. Lukujen ennustetaan kasvavan vuoteen 2011 mennessä 110 miljardiin tallennettuun ja 24 miljardiin tulostettuun kuvaan. Perinteiset paperivalokuvat eivät ole vielä täysin menettäneet merkitystään, mutta niiden jakelutiet ovat muuttuneet ja 10 x 15 -tulosteiden sijaan kuluttajat haluavat soveltaa kuviaan erilaisiin personoituihin tuotteisiin.

Digitaalitekniikan kehittyminen on antanut kuvavalmistamoille mahdollisuuksia toiminnan laajentamiseen yhä erilaisempiin kuvatuotteisiin. Suosituimpia ovat valokuvakirjat, jotka edustavat tuntuva kasvupotentiaalia painettujen tuotteiden sovelluksissa [Julkaisija 2009]. Suomen markkinoille valokuvakirjat ilmestyivät vuonna 2007, kun suomalainen Ifolor otti käyttöön ensimmäisen kuvakirjaohjelman verkkosivuillaan [Ifolor tuo valokuvakirjat Suomen markkinoille 2007]. Nykyisin valtaosa kotimaan suurimmista kuvavalmistamoista tarjoaa palvelua, jossa käyttäjä voi itse koostaa digitaaliset kuvansa valokuvakirjoiksi.

### **2.2 Taitto- ja tilausohjelmat**

Valokuvakirjat kootaan tavallisesti valmistamon verkkosivuilta ilmaiseksi ladattavalla ohjelmalla, ja joidenkin valmistamoiden kirjat tehdään suoraan Internet-selaimella. Kirjasta saatavat katteet paranevat ja lopputuotteen hinta on asiakkaalle edullisempi, kun asiakkaat itse toteuttavat kirjansa taiton. Taitto-ohjelmat ovat usein yritysten itsensä kehittämiä, sillä kaupalliset sovellukset ovat melko kalliita. [Sallinen 2010.]

Ohjelman käytettävyys on erityisen merkittävässä asemassa silloin, kun painotuote liitetään verkkopalveluun siten, että käyttäjä itse osallistuu tuotteen toteuttamiseen. Hyvän käytettävyyden määritelmä on yksinkertaisimmillaan tuotteen sopivuutta aiottujen käyttäjien aiottuihin tehtäviin [Jaatinen 2001: 7]. Kuvavalmistamoilla on yleensä paljon asiakkaita, ja siksi myös käyttäjien tietotekninen osaaminen vaihtelee. Taitto- ja tilausohjelmien käyttöliittymien on oltava selkeitä ja helppokäyttöisiä. Liian vaikeaksi koettu käyttöliittymä saa helposti kirjan teon jäämään kesken.

Yksinkertaisen taiton tekeminen onnistuu ohjelmalla kuin ohjelmalla melko vaivattomasti. Monimutkaisempien muokkausoperaatioiden tekemiseksi on syytä perehtyä ohjelman toimintoihin syvällisemmin. Useimmissa taitto-ohjelmissa on sovellus, joka ohjeistaa valokuvakirjan tekemisessä vaihe vaiheelta alusta loppuun. Joidenkin kuvavalmistamoiden sivuilta löytyy myös omalle tietokoneelle ladattava kuvakirjanteko-opas tai demo-ohjelma, joka sallii taitto-ohjelman kokeilemisen verkossa ilman sovelluksen lataamista tietokoneelle.

Kirjan taitto-ohjelmien merkittävimmät erot ovat valittavissa olevien kirjamallien lukumäärässä. Parhaimmillaan tarjolla on viisi erilaista kirjakokoa pysty- ja vaakamallisena. Suppeimmillaan valikoima kattaa kaksi kirjakokoa vakioformaattissa. Kirjojen sivumäärät vaihtelevat 10 sivusta aina 96 sivuun asti. Myös muokkausmahdollisuuksissa ja korjaustoiminnoissa on eroja. Perinteiset muokkaustoiminnot ovat löydettävissä miltei kaikista ohjelmista, mutta monipuolisemmat ohjelmat tarjoavat lisäksi runsaan valikoiman valmiita sivun asettelumalleja, kuvatehosteita, taustakuvia ja niin edelleen. Taitto-ohjelmien ominaisuuksien tarkempi vertailu on esitetty taulukossa 1.



Taulukko 1. Taitto-ohjelmien ominaisuuksien vertailu.

KUVAKIRJAVALMISTAMOT	A	B	C	D
Kirjakokojen vaihtoehdot, kpl	5	2	2	5
- 21 x 21 cm / 28 x 28 cm / 30 x 30 cm	x/x/-	-/-/-	-/-/x	x/-/x
- A4 vaaka / A4 pysty	x/x	x/x	x/-	x/x
- A5 vaaka / A5 pysty	x/x	-/-	-/-	x/x
- A6 vaaka / A6 pysty / 12 x 20 cm	x/-/-	-/-/x	-/-/-	x/x/-
Sivumäärä, pienin	24	20	20	10
Sivumäärä, suurin	96	92	64	50
Sidonta liima/kierre	x/x	x/-	x/-	-/x
Kansi kova/pehmeä	x/x	x/-	x/-	x/x
Kanteen kuva / kuvalle aukko	x/-	x/-	-/x	x/-
Ladattava ohjelma / web	x/x	x/-	x/x	x/-
Keskeneräisen kirjan tallennus	x	x	x	x
KUVIEN PARANTELU				
Rajaus / kääntö vaaka-pysty	x/x	x/x	x/x	x/x
Kirkkaus / kontrasti / värisävy	x/x/x	x/x/-	x/x/x	-/-/-
Punasilmäisyyden korjaus	x	-	x	-
Automaattinen kuvakorjailu	x	-	x	x
SIVUJEN MUOKKAUS				
Useampi kuva sivulla	x	x	x	x
Kuvatekstit / taustakuvat	x/x	x/x	x/x	x/x
Kuvakoko vapaa / sijoittelu vapaa	x/x	x/x	x/x	x/x
Kuvat voivat olla limittäin / vinossa	x/x	x/x	x/x	x/x
Kuvan rajaus muu kuin suorakaide	x	-	-	x
Koko aukeaman kuva	x	x	x	x
Kuvakekirjasto	x	-	-	x

### 2.3 Digitaalisen painamisen tekniikat

Digitaalisessa painamisessa painotuotteet tulostetaan suoraan tietokoneen muistista paperille tai muulle painoalustalle digitaalisesti ohjatulla tulostimella. Painolevyn tulostusta ei tarvita, sillä painoaihe muodostetaan paperille tietojärjestelmän digitaalisesta originaalista [Juhola ym. 1998: 9]. Digitaalisen painamisen menetelmät luokitellaan kosketuksettomiksi painomenetelmiksi, sillä väri siirtyy paperiin ilman väriä siirtävän pinnan ja painoalustan fyysistä kontaktia. Tällaisia painomenetelmiä kutsutaan

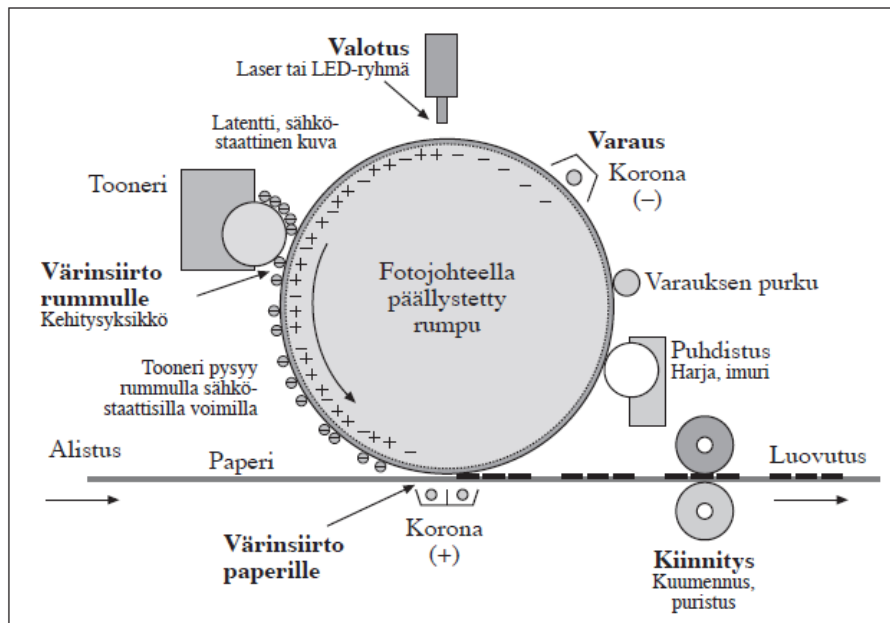
myös NIP- (non impact) menetelmiksi. [Lehtonen ym. 2003: 104; Ristimäki ym. 2007: 92.]

Digitaalinen painaminen soveltuu erityisesti pienten painosmäärien ja vaihtuvaa tietoa sisältävien tuotteiden valmistukseen. Se mahdollistaa myös personoitujen ja lyhyellä varoitusajalla tilattujen tuotteiden valmistamisen. Digitaalisten tulostusteknologioiden kehityksen myötä uudentyyppisten painotuotteiden valmistuksesta on tullut taloudellista ja nopeaa ja digitaalisia palveluita tarjoavia yrityksiä onkin markkinoilla enemmän kuin koskaan. [Lehtinen 2006: 8; Ristimäki ym. 2007: 93.]

Yksinkertaisimmillaan digitaalinen painaminen on kotona tapahtuvaa kotitulostusta. Myös monet yritykset tuottavat omilla digitaalisilla painokoneilla ja tulostimilla pieniä painotöitä omaan tarpeeseensa. Kirjapainoissa digitaalinen painaminen on pienten painosmäärien tuotannollista toimintaa. Tulostusteknologia on kaikissa edellä mainituissa peruserämuotoiltaan sama. [Ristimäki ym. 2007: 92–93.] Useimmissa markkinoilla olevissa digitaalisen painamisen sovelluksissa tulostusteknologiana käytetään elektrofotografiaa tai mustesuihkua [Lehtinen 2006: 12].

### Elektrofotografia

Elektrofotografia on digitaalisessa painamisessa yleisin käytetty menetelmä. Elektrofotografiassa kuvan muodostus perustuu sähkövarauksiin. Prosessi koostuu kuudesta vaiheesta, joita ovat varaus, valotus, kehitys, värin siirto paperille, kiinnitys ja puhdistus (kuva 1). [Lehtinen 2006: 14.]



Kuva 1. Elektrofotografian toimintaperiaate [Viluksela 2003: 85].

Elektrofotografiaprosessin ensimmäisessä vaiheessa fotojohteella päällystetyn rummun pinta varataan sähköisesti. Rummun tasainen sähkövaraus saadaan aikaan koronalangoilla. [Lehtinen 2006: 14.] Koronalanka on hyvin ohut päällystämätön johdin, jossa on noin 7 kV:n suuruinen positiivinen jännite. Varaus syntyy, kun fotojohteisen rummun levyiseen ohueen koronalankaan johdetaan voimakas sähkövirta, jonka seurauksena lankaa ympäröivän ilman sähkönjohtokyky kasvaa. Ilmassa olevat varatut ionit liikkuvat rummun pinnalle, johon muodostuu positiivinen varauskenttä. [Ristimäki ym. 2007: 95.] Rumpu säilyttää varauksensa niin kauan, kun siihen ei kohdistu valoa [Lehtonen ym. 2003: 104].

Valotusvaiheessa rummun pintaan muodostunutta, tasaista varauskenttää puretaan valon avulla. Valotuksessa valolle altistuneet kohdat purkavat varauksensa. Tämä johtaa näkymättömän eli latentin kuvan syntymiseen rummulle. Rumpuun jäljelle jäänyt varaus riippuu valon määrästä. Valotusvaihe tehdään joko LED-matriisin tai lasersäteen avulla. [Lehtinen 2006: 15; Ristimäki ym. 2007: 95.]

Kehityksessä latentti kuva muutetaan näkyväksi tuomalla kuvapinnalle sähköisesti varattu värítőneri, jonka partikkelit ovat vastakkaismerkkiset kuvakohdan varausten

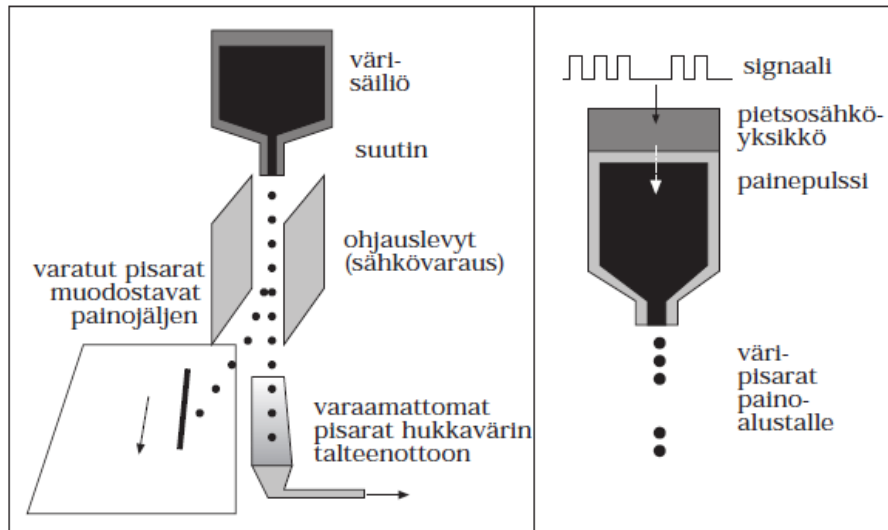
kanssa. Tooneripartikkelit tarttuvat vastakkaismerkkisesti varautuneeseen latenttiin kuvaan rummun pinnalle. [Lehtinen 2006: 15.]

Siirtovaiheessa rummulle kehittynyt toonerikuvio siirretään paperille joko sähkökentän tai puristuksen tai näiden yhdistelmän avulla. Kiinnityksessä tooneripartikkelit sulatetaan paperin pintaan tasaiseksi kerrokseksi lämpöä, puristusta tai näiden yhdistelmää käyttäen. Värikuva siirretään paperille joko tuottamalla kukin väri erikseen (multipass) tai kaikki värit kerrallaan (singlepass). Multipass-menetelmässä käytössä on yleensä yksi kuvarumpu jokaiselle osavärille ja valmiin nelivärikuvan muodostamiseen tarvitaan neljä kierrosta. Singlepass-menetelmässä jokaiselle värille on oma painoyksikkö. [Lehtinen 2006: 16–17.]

Puhdistusvaiheessa poistetaan mekaanisen käsittelyn ja sähkökenttien avulla rummun fotojohteelle mahdollisesti jäänyt tooneri sekä sähkövaraukset, ja kierros alkaa alusta [Lehtinen 2006: 14–16; Lehtonen 1998: 40–41].

Mustesuihku eli inkjet

Mustesuihku- eli inkjet-menetelmässä kuva muodostetaan suihkuttamalla väriaine suoraan suuttimista pieninä pisaroina painoalustalle. Tulostusjälki muodostuu yksittäisistä mustepisaroista, joita tuotetaan noin 75 000 kappaletta sekunnissa. Pisaroita ohjataan kuvasignaalin avulla. [Ristimäki ym. 2007: 98.] Pisaravirran muodostamistavan mukaan erotettavia inkjet-tekniikoita on kaksi: jatkuvan suihkun periaate ja ohjatun pisaran periaate (kuva 2) [Lehtinen 2006: 12].



Kuva 2. Vasemmalla jatkuvan suihkun mustetulostuksen ja oikealla pietsosähköisen drop-on-demand-tulostuksen periaate [Viluksela 2003: 87].

Jatkuvan suihkun (continuous inkjet) periaatteessa tulostuspää kulkee paperin yli kohtisuorassa paperin kulkusuuntaan nähden. Pisaroita muodostetaan vakiotaaajuudella, ja muste ohjataan haluttuihin kohtiin sähkövarauksen avulla. Jatkuvasuihkuisessa menetelmässä väristä muodostetaan paineen avulla pisaravirta, joka kulkee sähkökentän läpi. Suuttimista lähtevät pisarat on varattu ennen suuttimista irtoamista. Varautuneet pisarat ohjataan pois sähkökentän jälkeen ja syötetään keräilijään. Varautumattomat pisarat ohjataan paperille. [Lehtinen 2006: 12.]

Ohjatun pisan (drop-on-demand) periaatteessa pisaroita muodostetaan vain tarvittaessa. Mustepisarat voidaan muodostaa lämpöenergialla, pietsosähköisesti tai elektrostaattisesti. [Blum 2007.] Lämpöenergiaa hyödyntävässä menetelmässä nestemäinen väri höyrystyy lämmön avulla. Höyrystyneeseen väriin muodostuu kupla, joka nostaa painetta mustesäiliössä ja saa värin suihkuamaan painoalustalle. Pietsosähköisessä menetelmässä muutoksen säiliön tilavuudessa aiheuttaa pietsosähköinen ilmiö, jossa pietsosähköinen kide puhalttaa laajentuessaan väripisaran liikkeelle. Elektrostaattisessa menetelmässä sähköinen pulssi siirtää värin painoalustalle. [Lehtinen 2006: 13.]

### 3 Digitaalisen painamisen laatu

#### 3.1 Painolaadun arviointi

##### Subjektiivinen laatu

Subjektiivisella laadulla tarkoitetaan painojäljestä saatavaa visuaalista laatuvaikutelmaa [Toivonen 2007: 20]. Laadun arviointiin vaikuttavat ihmisen näköjärjestelmän toiminta, katsojan havainnointikyky, kuvan tekninen laatu ja sisältö sekä tarkasteluolosuhteet, joissa kuvia katsellaan. Laadun arviointi riippuu olennaisesti myös katsojan kokemuksista, mieltymyksistä, oppimista asioista ja asenteesta.

Ihmissilmä havainnoi laatua yksilöllisesti. Silmän tapaan reagoida väreihin vaikuttavat fysiologisten ominaisuuksien lisäksi myös psykologiset seikat, kuten aiemmat muistikuvat ja tuntemukset väristä. Tästä syystä eri ihmiset saattavat aistia saman värin hyvin eri tavalla. Optimilaatua onkin usein vaikea määritellä, sillä se riippuu katsojasta. [Toivonen 2007: 20.]

Testikuvien sisällöllä on myös vaikutusta katsojan arvioon kuvanlaadusta. Esimerkiksi värintoistovirhe tulostusprosessissa saattaa tulla paremmin esille kuvasta, joka sisältää selkeitä muistiväriä objekteja, kuten vihreän nurmen tai ihmiskasvot. Sopivan testikuvajoukon valinta onkin yksi kriittisimmistä tekijöistä laatuarvioinnin onnistumisen kannalta.

Ympäristön merkitys laadun subjektiivisessa tarkastelussa on suuri. Käytännön tarpeisiin tehtävät subjektiivisen laadun mittaukset tulisi tehdä käytäntöä vastaavassa ympäristössä. Katseluolosuhteet, joissa käyttäjät valokuvakirjoja tarkastelevat, vaihtelevat kuitenkin suuresti. Lähtökohtaisesti voidaan olettaa, että suurin osa valokuvakirjojen käyttäjistä tarkastelee tuotetta sisätiloissa päivänvalossa tai normaalissa sisävalaistuksessa. Luonnollista päivänvaloa ei kuitenkaan voida käyttää luotettavana valonlähteenä, sillä päivänvalo on hajanaista valoa, joka heijastuu auringon säteilystä maan ilmakerroksiin [KTA-Yhtiöt 2006]. Päivänvalo myös muuttuu säästä ja auringon sijainnista riippuen. Sisävalaistuksen värilämpötila on niin ikään

vaikea määritellä. Tavallisen hehkulampun värilämpötila on noin 2 700 Kelviniä, toimistoissa käytetään usein sinertävämpiä noin 6 000 Kelvinin loisteputkia [Arvinen 2010]. Kansainvälinen ISO 3664:2000 -standardi määrittää, miten graafisen alan painotuotteita ja vedoksia voidaan vertailla standardisoiduissa valaistusolosuhteissa. Standardin mukaan graafisen alan laatu- ja värivertailut tulee tehdä 5 000 Kelvinin (D50) värilämpötilassa. [KTA-Yhtiöt 2006]. Painotuotteen visuaalisessa arvioinnissa on tärkeää, että arviointi tehdään standardivalolähteen valaistuksessa, sillä valaistuksella on suuri vaikutus värihavaintoon.

### Objektiivinen laatu

Painojäljen objektiivinen laatu on tarkasti mitattavissa painotuotteesta. Tällöin laatu määritellään mittaamalla eri osatekijöitä testikentistä mittalaitteilla. Mittalaitteilla saadaan yksiselitteinen mitta-arvo, ja mittaus on toistettavissa. Mittatietojen perusteella laadulle asetetaan tavoitearvoja ja vakioidaan tuotantoprosesseja [Ristimäki ym. 2007: 148]. Objektiivisia laatutekijöitä ovat muun muassa värintoisto ja harmaatasapaino [Toivonen 2007: 20].

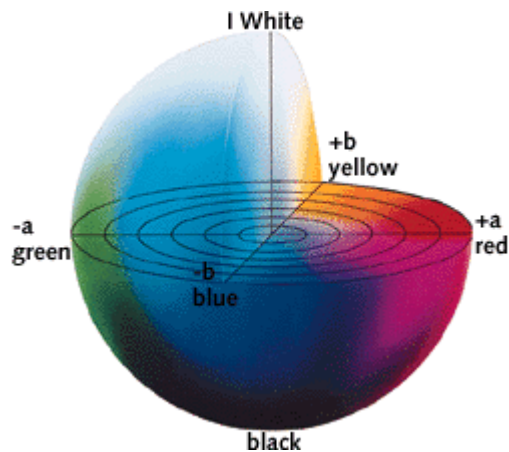
### 3.2 Painolaadun mittaus

Painojäljen laadun määrittelyssä käytetään erilaisilla mittalaitteilla tehtäviä mittauksia. Lisäksi tarvitaan testikarttoja tai -strippejä. Painatuksen laatua voidaan arvioida vertaamalla painojälkeä originaaliin tai arvostelemalla laatua mittaustietojen perusteella ilman vertailua referenssiin. Yleisimmät painojäljen laadun arviointiin käytetyt mittalaitteet ovat densitometri, kolorimetri ja spektrofotometri. Densitometrin ja kolorimetrin toimintaperiaatteita ei käsitellä, sillä insinööriyössä kaikki mittaukset tehdään spektrofotometrisesti.

### Spektrofotometri

Spektrofotometri on painojäljen laadun valvonnassa käytetty mittalaite värin mittaamiseen. Spektrofotometrisen mittauksen avulla saadaan värinkuvausmalli CIELab:n lukuarvot. CIELab-värimallissa väri esitetään kolmen luvun avulla:  $L^*$ ,  $a^*$  ja

$b^*$  (kuva 3).  $L^*$  (luminanssi) kuvaa värin valoisuutta vaihteluvälillä 0 (musta) –100 (valkoinen).  $L^*$ -akselilla liikuttaessa vaaleus joko vähenee tai lisääntyy. Värin sävyn määräävät sen  $a^*$  - ja  $b^*$ -arvot, jossa  $a^*$ -akseli on karkeasti vihreä-punainen akseli ja  $b^*$ -akseli sininen-keltainen akseli. Näiden kolmen komponentin arvoilla voidaan kuvata lähes kaikki ihmissilmän aistimat värit. [Katila 2006: 2.]



Kuva 3. CIELab-väriavaruus kolmiulotteisena [Waloszek ym. 2003].

Spektrofotometrisillä mittauksilla voidaan määrittää painatuksen *värintoistoala* (*gamut*). Painatuksen värintoistoalalla tarkoitetaan sitä aluetta kokonaisväriavaruudesta, joka pystytään toistamaan käytettävissä olevilla prosesseilla, materiaaleilla ja olosuhteilla. Gamutin laajuus on tärkeä muuttuja painotuotteen laadun määrittämisessä. Gamutien visuaalisella vertailulla voidaan havainnollistaa painotuotteiden värintoistoalojen eroavaisuutta erittäin hyvin. [Katila 2006: 13.]

Värintoistoala määritetään tulostamalla paperille testikartta. Testikartat sisältävät testikenttiä, joiden arvot ovat tunnettuja. Toistoalan määrittämiseksi ei tarvitse määrittää kaikkia mahdollisia toistettavissa olevia värejä – CMYK-värien kompaktikentät riittävät pääasiassa määrittämään väriavaruuden rajat, mutta usein käytetään myös RGB-kenttiä [Katila 2006: 5].



## RGB- ja CMYK -väriavaruudet

Insinööriyön johdannossa todettiin, että teknisen laatuvertailun suunnittelussa haasteena on se, ettei valmistamoiden painoprosessin kulusta ja muuttujista ole tarkkaa tietoa. Seuraavassa kerrotaan, miten ja miksi lähtötietojen puutteellisuus vaikuttaa objektiivisten laatumittausten toteuttamiseen. Näiden tietojen tarkoitus on auttaa lukijaa ymmärtämään objektiivisista laatumittauksista saatuja tuloksia.

Perinteisessä neliväripainotyössä käytetään CMYK-väriavaruutta, kun taas digitaalikamerat tallentavat kuvat usein RGB-avaruuteen. RGB soveltuu huonosti painotöihin etupäässä mustan värin käyttäytymisen takia. RGB:ssä määritelty musta hajoaa yleensä kaikkiin CMYK-väreihin, minkä vuoksi RGB-mustana määritelty kohteet saattavat toistua suttuisina ja kirjavina.

Painettava kuva on kuitenkin aina muunnettava RGB:stä CMYK-muotoon. Muunnos tapahtuu usein ohjelmallisesti painamisen yhteydessä, ja se tehdään käyttämällä väriprofiileja. Valmistamoiden käytössä olevat profiilit vaihtelevat, ja muunnos RGB-muodosta CMYK-muotoon voidaan tehdä usealla eri tavalla. RGB-muotoinen aineisto ei myöskään käänny aina ongelmitta CMYK-muotoon, ja automaattisessa CMYK-käännöksessä värit saattavat muuttua huomattavastikin. Värintoistoon vaikuttavat myös tuotannossa käytetyt materiaalit, kuten paperi ja muste sekä käytössä oleva tuotantolaitteisto. Nämä ja kaikki muut edellä mainitut seikat vaikuttavat painetun kuvan värintoistoalaan sekä siihen, miltä gamut kooltaan ja muodoltaan näyttää.

### 3.3 Digitaalisen painamisen laatuhäiriöt

Digitaaliset painomenetelmät ovat muihin kiinteitä painoaihioita käyttäviin painomenetelmiin verrattuna alttiimpia laatuvarjoille, sillä niissä jokainen kuva muodostetaan erikseen. Digitaaliselle painamiselle ominaiset ongelmatilanteet johtuvat tyypillisesti joko painomateriaaleista tai häiriöistä painoprosessissa. Painokoneen toiminnan ja siihen vaikuttavien ympäristöolosuhteiden lisäksi laatuvirheitä saattaa syntyä ennen painamista tapahtuvassa aineiston valmistuksessa ja painoasetuksissa. Epäammattimaisesti tehdyt aineistot ja ICC-pohjaisen (International Color Consortium)

värinhallinnan hallitsematon käyttö saattavat aiheuttaa väriverheitä lopullisessa tuotoksessa. Myös työlle puutteellisesti määritellyt painoasetukset aineiston rasterointi- ja painovaiheessa saattavat niin ikään synnyttää laatuhäiriöitä. [Honkonen 2009: 15; Lehtonen ym. 2003: 123.]

#### Laatuhäiriöt elektrofotografiassa

Elektrofotografiassa kuvanmuodostuksen fyysisten ja kemiallisten prosessien monimutkaisuus saattaa aiheuttaa vaihteluita painojäljessä. Vaihteluille alttiita vaiheita ovat varatun kuvan muodostus ja kehitys sekä kuvan siirto paperille. [Honkonen 2009: 15.]

Keskeisin painolaatuun vaikuttava tekijä on sähköisten varausten luontiin ja siirtoon osallistuvien komponenttien toiminnan vakaus. Jotta nämä komponentit toimisivat tarkasti, tulee ympäristöolosuhteiden olla vakioituneet. Komponenttien herkkyyden vuoksi muutokset lämpötilassa ja ilmankosteudessa vaikuttavat painojälkeen enemmän digitaalisessa painoprosessissa kuin perinteisissä painomenetelmissä. Pienimmätkin paikalliset vaihtelut näissä tekijöissä voivat aiheuttaa näkyviä epätasaisuuksia painojäljessä. [Honkonen 2009: 16.]

Eräs kriittisimmistä paperin sähköisiin ominaisuuksiin vaikuttavista tekijöistä on kosteus. Paperin kosteustason on oltava riittävän matala, jotta se pystyy säilyttämään toonerin siirtoon tarvittavan varauksen. Liian kostea paperi ei säilytä sähkövarausta optimaalisena, jolloin tooneri siirtyy paperille huonosti ja syntyy painojäljen laikullisuutena näkyviä densiteettivaihteluja. Liian kuiva paperi aiheuttaa tarpeettoman suuren elektrostaattisen varauksen, joka aiheuttaa häiriöitä paperin kuljetusvaiheessa. [Vogl 2008: 6, 8.] Kosteuden lisäksi paperin johtavuutta ja siten toonerin siirtymistä ja kiinnittymistä vaikeuttavat paperimassan ominaisuudet, huono kuituorientaatio ja epätasainen päällystys [Lehtinen 2006: 23].

Kiinnitysprosessissa häiriöitä syntyy virheellisen lämpötilan vuoksi. Liika lämpö aiheuttaa paperin kuivumista ja käpristymistä, ja värikuvan pinta voi muuttua ei-toivotulla tavalla. Kiinnitysyksikön mekaaninen puristus saattaa aiheuttaa värin tarttumista kiinnitysyksikköön, jolloin kuvan laatu heikkenee. Tarttumisen välttämiseksi

kiinnitysyksiköiden pintaan voidaan lisätä silikoniöljyä. [Honkonen 2009: 16.] Öljyn käyttöä on kuitenkin vähennetty, sillä se lisää väriin ylimääräistä kiiltoa [Lehtinen 2006: 17].

Elektrofotografiapainokoneissa paperi pysyy siirtohihnalla elektrostaattisten voimien avulla eikä paperin kuljetukseen käytetä lainkaan mekaanisia naukkareita. Tämän vuoksi värirekisterin tarkkuus on elektrofotografiapainamisessa perinteisiä painomenetelmiä heikompi. Kohdistumiseen vaikuttavat lisäksi kuvan kiinnitysvaiheessa tapahtuvat muutokset painoalustan mitoissa. [Honkonen 2009: 16.]

#### Mustesuihkutekniikan laatuhäiriöt

Mustesuihku- eli inkjet-tekniikan laadunhallinnan haasteena on painolaadun riippuvuus painomateriaalien vuorovaikutuksista. Mustesuihkutulostus asettaa vaatimuksia painoalustalle, sillä paperin pintaan iskeytyvän musteen tulisi asettua paperin pinnalle mahdollisimman nopeasti laatuhäiriöiden välttämiseksi. [Ylinen 2003: 26.] Tyypillisiä laatuhäiriöitä mustesuihkutulostuksessa ovat muun muassa musteen leviäminen, tunkeutuminen alustan sisään ja haihtuminen [VTT 2007].

Mustesuihkutekniikassa pisaran koko määrää toistettavissa olevan yksityiskohdan koon eli resoluution. Tulostusjäljen laatuun vaikuttaa myös tarkkuus, jolla pisarat voidaan tulostaa suhteessa toisiinsa. [Lehtonen 1998: 47.] Mustesuihkutekniikka on painomenetelmä, jossa tulostuspää ja alusta eivät kosketa toisiaan lainkaan painoprosessin aikana. Mustesuihkupainokoneissa ongelmana saattaa olla tulostuspään virheellinen toiminta, joka aiheuttaa sen, että pisarasuihku ei ajoitu oikein tai pisteitä jää kokonaan puuttumaan. Virheellisesti suuntautunut pisarasuihku näkyy kuvien raitaisuutena tai tekstin heikkona laatuna. Vaarana on myös vierekkäisten värien leviäminen ja keskenään sekoittuminen, mikä heikentää kuvaterävyyttä. [Honkonen 2009: 17.]

## 4 Valokuvakirjojen laatuvertailu

### 4.1 Laatumittausten toteutus

Laatumittauksia varten valokuvakirjat tilattiin neljästä eri kuvakirjavalmistamosta. Valmistamot valittiin mielivaltaisesti, tunnettujen suomalaisten yritysten joukosta. Kirjatilaukset tehtiin kahdessa osassa toukokuussa 2010 ja lokakuussa 2010. Ensimmäisessä tilauksessa kirjoihin sisällytettiin vain niihin valitut valokuvat. Toisen tilauksen kirjoihin sijoitettiin valokuvien lisäksi testikarttoja objektiivisia mittauksia varten. Kaksiosaiseen tilaukseen päädyttiin, koska haluttiin tutkia painojäljessä mahdollisesti tapahtuvia muutoksia, kun kuviin lisätään testielementtejä.

Kirjojen formaatiksi valittiin A4, ja valokuvat pyrittiin sijoittamaan sivuille siten, että kullakin sivulla on enintään kaksi kuvaa. Kirjojen sivumäärät vaihtelivat valmistamoiden rajoitusten mukaan 20 ja 28 sivun välillä. Kaikki tilaukset tehtiin riviasiakkaina, eikä tilauksen testitarkoitus ollut etukäteen valmistamoiden tiedossa.

### 4.2 Subjektiiviset laatumittaukset

#### Kuvien valinta

Lähtökohtana kuvien valinnassa oli kuvan laatuun liittyvien tekijöiden selvittäminen. Päämääränä oli valita kuvia, joista on helppoa havainnoida ja arvioida kuvan laatua. Valittujen laatuattribuuttien pohjalta kuvakirjoihin kerättiin yhteensä 21 jpeg-valokuvaa yksityisten henkilöiden omista kokoelmista siten, että jokaisesta kuvasta on mahdollista arvioida yhtä tai useampaa laatuattribuuttia. Visuaalisen laadun arvioinnin helpottamiseksi osalle kuvista tehtiin pienimuotoista värikorjailua esimerkiksi taivaan sinisen kirkastamiseksi. Kirjoissa ei käytetty ammattilaisten ottamia valokuvia, sillä laadun arviointi haluttiin tehdä valokuvista, joita kirjoihin usein sisällytetään.

Kuvien väriprofiilina käytettiin yhtä poikkeusta lukuun ottamatta sRGB-profiilia. Ammattikäytössä sRGB-väriprofiilia pyritään yleensä välttämään, sillä se on muita RGB-

väriprofiileja suppeampi. SRGB-väriprofiilin käyttöön kuitenkin päädyttiin, koska se on yleisimmin käytössä oleva väriprofiili ja suurin osa digitaalikameroista tallentaa kuvat sRGB-profiiliin. Myös joidenkin valmistamoiden Internet-sivuilla olevissa ohjeissa suositellaan kuvien muuntamista sRGB-profiiliin. Yksi kuvista muunnettiin Adobe RGB -profiiliin, koska haluttiin tutkia, onko kuvan lähtöprofiililla vaikutusta lopulliseen painojälkeen.

Seuraavassa esitetään kuvan laatuun liitetyt laatutekijät ja esimerkkejä niiden visuaalista arviointia varten valituista kuvista.

#### *Väritoisto, värien luonnollisuus*

Väritoisto on yksi tärkeimmistä kuvan laatua määrittävistä attribuuteista, mutta sen objektiivinen mittaaminen on vaikeaa. Alan kirjallisuudesta ei löydy tarkkaa määritelmää sille, milloin kuvan värien voidaan sanoa näyttävän oikeilta. Käyttäjän haluama värien toisto ei välttämättä vastaa tarkkaa väritoistoa. Käyttäjä saattaa esimerkiksi haluta kylläisempiä värejä, kuin luonnollinen tai tarkka toisto määrittäisi. [Nuutinen 2008.]

Värimuistilla viitataan ihmisen kykyyn muistaa värejä yleisellä tasolla. Tällöin puhutaan usein muistiväreistä, jotka ovat pitkäkestoisesta muistista löytyviä tuttuihin asioihin ja esineisiin yhdistettäviä värejä. Värien luonnollisuuden ja väritoiston selvittämiseksi käytetään usein taivaan, ihon ja kasviston kaltaisia tuttuja kuva-aiheita (kuva 4). [Hidén 2008.]



Kuva 4. Väritoiston määrittämiseen käytettyjä kuvia.

### *Värien kylläisyys*

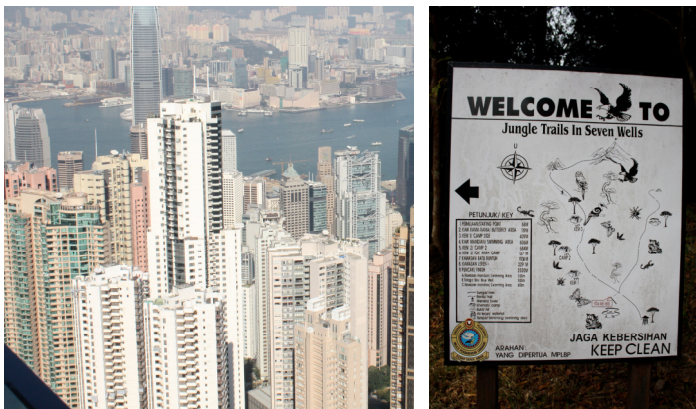
Värikylläisyys tarkoittaa värin visuaalista puhtautta tai voimakkuutta, eli sitä, kuinka kaukana väri on neutraalista harmaasta. Värien kylläisyyden määrittämiseksi valittiin kuvia, jotka sisältävät paljon värejä (kuva 5).



*Kuva 5. Värien kylläisyyden määrittämiseen valittuja kuvia.*

### *Yksityiskohtien toisto*

Yksityiskohtien toisto kertoo, miten pienet elementit toistuvat painojäljessä. Kuvien erottelukyvyn määrittämiseksi kuvakirjaan valittiin tarkkoja yksityiskohtia sisältäviä kuvia ja erilaisista merkeistä koostuvia tekstikenttiä (kuva 6).



*Kuva 6. Yksityiskohtien toiston määrittämiseksi valitut kuvat.*

### *Terävyys*

Terävyys ilmaisee kuvassa olevien ääriviivojen tarkkarajaisuuden. Kuvan terävyyteen vaikuttaa rasteripisteiden tiheys, painoalusta ja käytetty painomenetelmä.

### *Tumman ja vaalean pään toisto*

Kuvan tummalla ja vaalealla päällä tarkoitetaan kuvan tummintaa ja vaaleinta toistettavissa olevaa sävyä. Onnistuneessa tumman ja vaalean pään toistossa äärisävyissä ei ole tukkeumia, vaan yksityiskohdat toistuvat ja erottuvat selkeästi. Tumman ja vaalean pään toistoa arvioitiin kuvista, joissa toistui paljon valkoisen ja mustan sävyjä (kuva 7).



*Kuva 7. Tumman ja vaalean pään toiston arviointia varten valittuja kuvia.*

### Visuaalisen laadun arviointi koehenkilötestein

Subjekttiivinen laatu mitattiin Metropolia Ammattikorkeakoulun valaisinkopissa (Just Normlicht Pantone Color Viewing Light), jonka katseluolosuhteet vastaavat ISO-standardin määrittämiä suosituksia. Värilämpötila säädettiin 5 000 Kelviniin.

Visuaalisen laadun arviointi toteutettiin koehenkilötestein, jotta aistinvaraista arviointia voitaisiin pitää luotettavampana. Koehenkilöiksi valittiin Metropolia Ammattikorkeakoulun kuvatekniikan kurssille osallistuneet opiskelijat. Ensimmäisen ja toisen kirjatilauksen kirjojen visuaalinen arviointi toteutettiin erillisinä testikertoina. Molempiin arviointeihin osallistui yhteensä 13 opiskelijaa. Otoksen kasvattamista ei

koettu tarpeelliseksi, sillä henkilömäärän todettiin olevan tarpeeksi suuri yleisen laatukäsityksen saamiseksi.

Subjektivisia laatumittauksia varten tehtiin sähköinen laadunarviointilomake, joka on kokonaisuudessaan liitteessä 2. Mittausmenetelmänä käytettiin numeerista pisteitysasteikkoa, jossa testihenkilö antaa numeerisella asteikolla vastauksen ennalta määrättyyn, kuvan laatua koskevaan kysymykseen. Lomakkeessa esitetyt laatutekijät olivat värien luonnollisuus, värien kylläisyys, yksityiskohtien toisto, terävyys, tumman ja vaalean pään toisto ja laadun yleisarvosana. Kukin laatuattribuutti selitetään sanallisesti lomakkeen alussa väärinkäsitysten välttämiseksi. Koettu laatu määritellään viisiportaisen asteikon mukaan (1 = heikko, 2 = kohtalainen, 3 = hyvä, 4 = erittäin hyvä, 5 = erinomainen).

Testihenkilöitä ohjeistettiin arvioimaan kirjoja yksitellen, koska haluttiin saada käsitys kunkin kirjan yksilöllisestä laadusta ilman, että muissa kirjoissa nähty laatu vaikuttaa testihenkilön havainnointeihin.

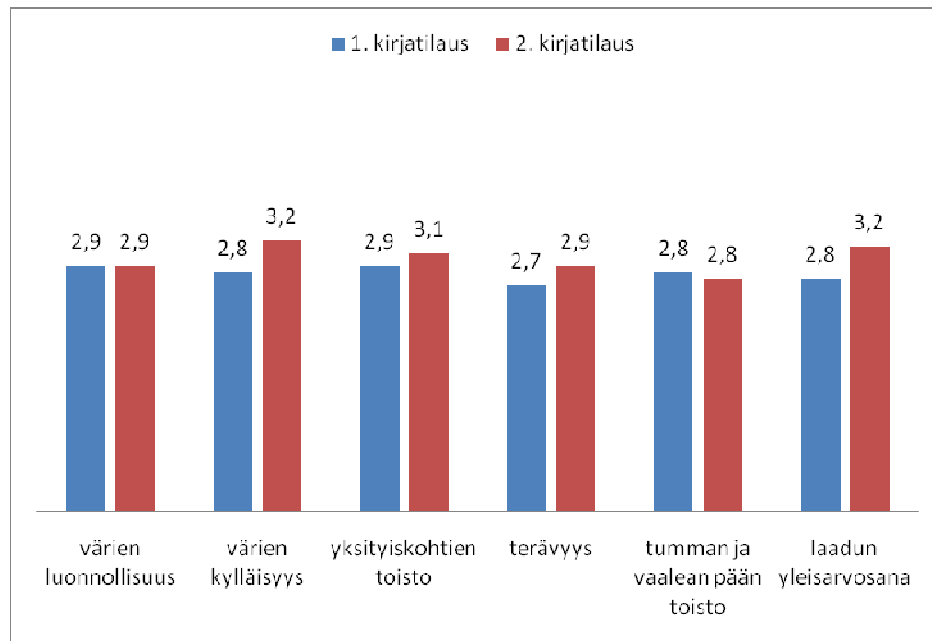
#### Laadunarvioinnin tulokset

Laadunarvioinnin tuloksiin on koottu sekä ensimmäisestä että toisesta visuaalisen arvioinnin testikerrasta saadut tulokset. Kirjatilausten kuvien visuaalisesta arvioinnista saadut tulokset esitetään samassa kuvassa, jotta laadussa tapahtuneiden muutosten vaikutus testihenkilöiden laatuarvioon olisi selkeästi nähtävissä. Laadussa tapahtuneiden muutosten syitä käsitellään tarkemmin opinnäytetyön luvussa ”ensimmäisen ja toisen kirjatilauksen kuvien visuaalinen vertailu”.

Kuvissa 8—11 on verrattu testihenkilöiden ensimmäisen ja toisen kirjatilauksen kuville antamien pisteiden keskiarvoja.

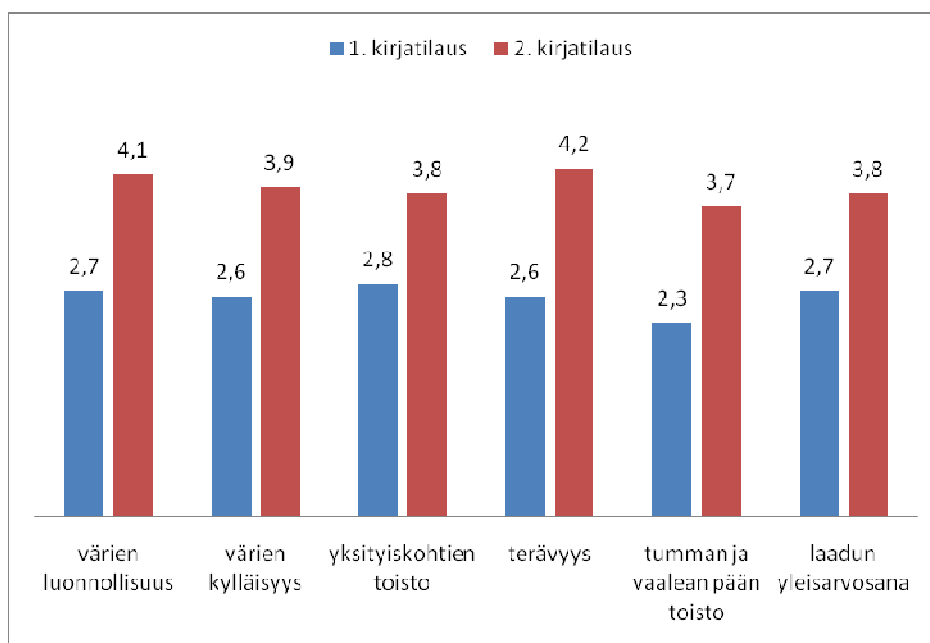
Kuvassa 8 on esitetty kirjan A ensimmäisen ja toisen tilauksen kirjoille annettujen pisteiden keskiarvot laatuattribuuteittain. Kuvasta nähdään, että testihenkilöiden arvio kirjan A kuvien laadusta on vähäisiä muutoksia lukuun ottamatta toisessa kirjatilauksessa melko samalla tasolla kuin ensimmäisessä. Laatuattribuuttien keskiarvot vaihtelevat molemmissa tilauksissa arvon 3 molemmin puolin.





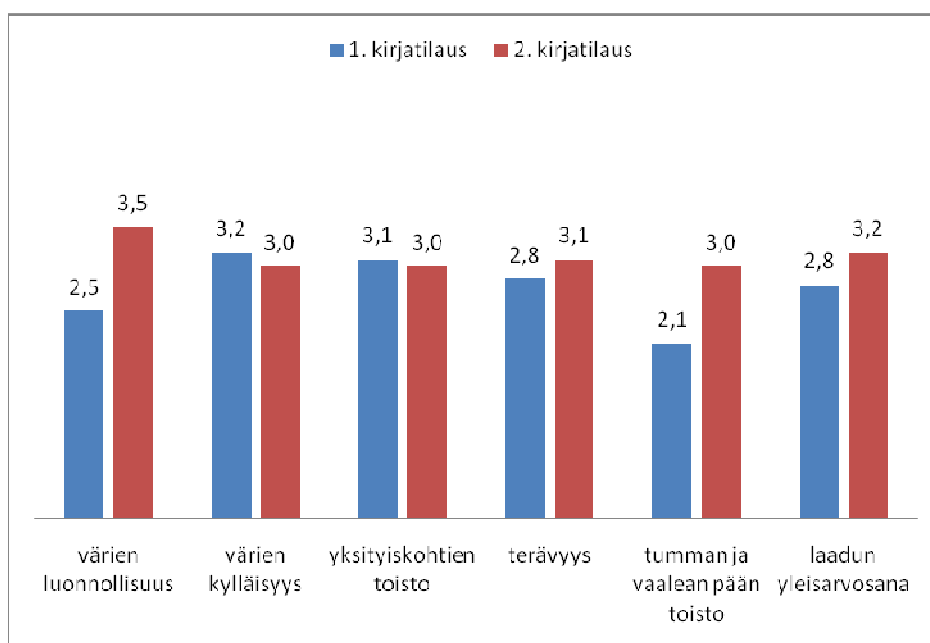
*Kuva 8. Kirjalle A annettujen pisteiden keskiarvot ensimmäisessä ja toisessa kirjatilauksessa.*

Kirjan B laatuattribuuttien keskiarvot ensimmäisessä ja toisessa kirjatilauksessa on esitetty kuvassa 9. Kuvasta voidaan todeta, että laatu on koettu selkeästi paremmaksi toisen kirjatilauksen kuvissa. Testihenkilöt ovat arvioineet laadun paremmaksi kaikkien kuuden laatuattribuutin kohdalla. Keskimäärin eroa ensimmäisen ja toisen kirjatilauksen laatuattribuuttien keskiarvossa on 1,2 pistettä. Kirjan B laatu ensimmäisen ja toisen kirjatilauksen välillä onkin parantunut arvioinnissa mukana olleista kirjoista eniten.



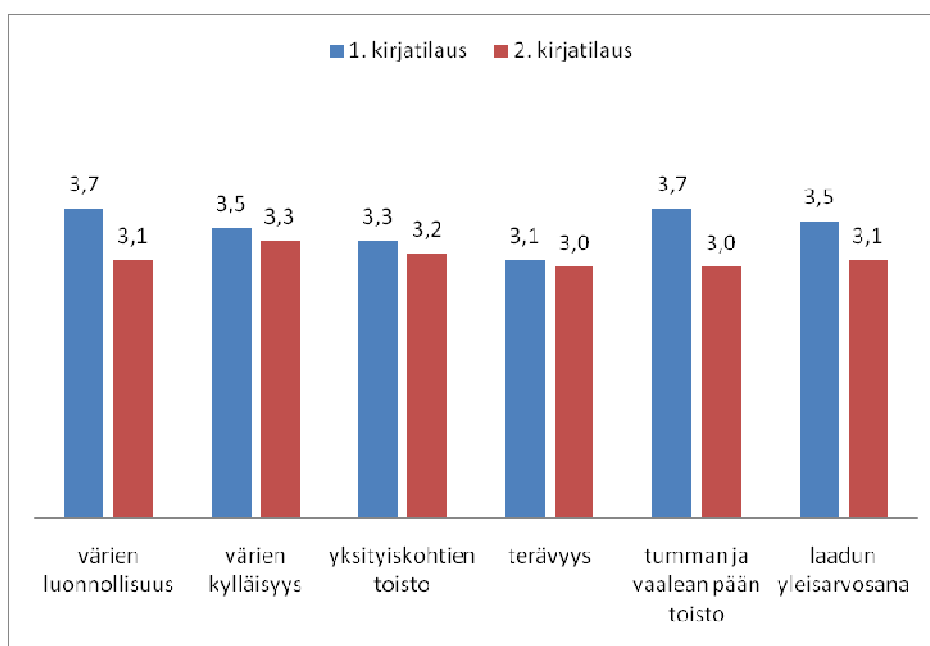
Kuva 9. Kirjalle B annettujen pisteiden keskiarvot ensimmäisessä ja toisessa kirjatilauksessa.

Kuvassa 10 on esitetty kirjan C laatuattribuuttien keskiarvot. Niiden perusteella testihenkilöt ovat arvioineet toisen kirjatilauksen kuvien värin luonnollisuuden sekä tumman ja vaalean pään toiston ensimmäistä kirjatilausta paremmiksi. Muilta osin laatutaso on pysynyt melko lailla samana.



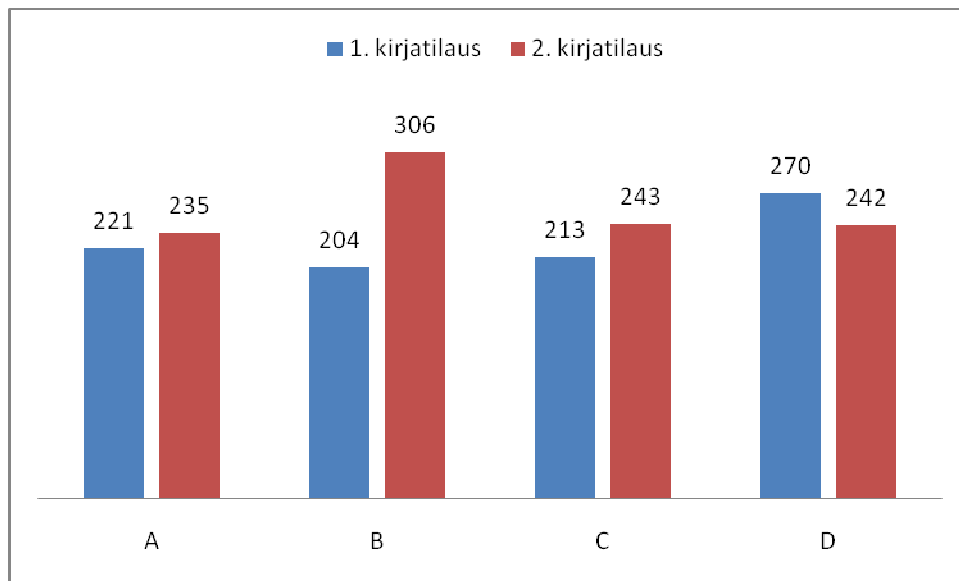
Kuva 10. Kirjalle C annettujen pisteiden keskiarvot ensimmäisessä ja toisessa kirjatilauksessa.

Verrattaessa kuvissa 8—11 esitettyjä ensimmäisen ja toisen kirjatilauksen kuville annettujen pisteiden keskiarvoja havaitaan, että ensimmäisen kirjatilauksen kirjoista laatu on koettu parhaimmaksi kirjan D kohdalla. Melko yllättävä huomio kuitenkin on, että verrattaessa kuvassa 11 esitettyä kirjan D ensimmäisen ja toisen tilauksen keskiarvoja nähdään, että kirjan D kuvien laatu on toisessa kirjatilauksessa koettu hieman edellistä heikommaksi.



Kuva 11. Kirjalle D annettujen pisteiden keskiarvot ensimmäisessä ja toisessa kirjatilauksessa.

Kuvassa 12 on esitetty laatuattribuuteille annettujen pisteiden kokonaismäärä ensimmäisellä ja toisella visuaalisen arvioinnin testikerralla. Kuva tukee jo aikaisemmin tehtyjä havaintoja, joiden perusteella laadun parannus oli selkeintä kirjan B kohdalla. Kirja D oli kirjoista ainoa, jossa laadun koettiin heikentyneen kirjatilausten välillä. Kokonaispisteiden perusteella ensimmäisen kirjatilauksen kuvien visuaalisessa arvioinnissa parhaiten menestyi kirja D. Toisen kirjatilauksen visuaalisessa arvioinnissa eniten pisteitä annettiin kirjalle B.



Kuva 12. Kirjojen kokonaispistemäärät ensimmäisessä ja toisessa tilauksessa.

#### Ensimmäisen ja toisen kirjatilauksen kuvien visuaalinen vertailu

Ensimmäisen ja toisen kirjatilauksen kuvia verrattaessa havaittiin, että laatu oli kaikkien valmistamoiden kirjojen kohdalla selkeästi parantunut. Havaintoa tukivat niin ikään visuaalisesta arvioinnista saadut tulokset. Kuvien laadussa havaitut erot on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Kuvien laadussa havaitut muutokset kirjatilauksia verrattaessa.

Kirja	Laadussa havaittu muutos
A	Kuvien ääriviivat pehmeämpiä, sävyliu'ut toistuvat tasaisemmin, tasapainoisempi värikylläisyys, tumman ja vaalean pään sävyissä tukkeumia.
B	Värit kylläisempiä, kuvat terävämpiä, tummien sävyjen yksityiskohdat erottuvat selkeämmin.
C	Värien kylläisyys luonnollisemmalla tasolla, kuvissa esiintynyt keltaisuus korjattu.
D	Voimakkaammat värit, selkeämpi kontrasti.

Laadussa havaittujen muutosten taustalla olevien syiden selvittämiseksi otettiin yhteyttä kuvavalmistamoihin ja tiedusteltiin, oliko toimintatavoissa tapahtunut muutoksia kirjatilausten välillä. Valmistamossa C kerrottiin, että värinhallintaan on ryhdytty kiinnittämään enemmän huomiota ja sen myötä tuotantolaitteisto kalibroidaan

ja huolletaan säännöllisesti. Valmistamossa A konekanta ja ohjelmistot oli täysin uusittu. Valmistamossa B oli otettu käyttöön uusi paperityyppi. Valmistamolta D saadun vastauksen mukaan laadulliset erot johtuvat tuotannossa tapahtuneista muutoksista.

Visuaalisessa vertailussa tutkittiin myös kuville asetetun profiilin vaikutusta lopputulokseen. Arviointi tehtiin jälkimmäisestä tilauserästä, johon oli sijoitettu sama kuva sekä sRGB- että Adobe RGB -profiilissa. Havaittiin, että muutaman valmistamon kohdalla Adobe RGB -kuvan värit toistuivat sRGB:tä latteampina. Ilmiötä voidaan selittää yksinkertaisesti sillä, että Adobe RGB:n väriprofiilin toistoala on laajempi kuin sRGB:n. Adobe RGB -kuvaa ei siis voida tulkita sRGB-väriprofiilissa ilman, että väreissä tapahtuu vääristymiä.

#### Visuaalisen laadun arvioinnin johtopäätökset

Visuaalisen laadun merkitys on kokonaislaatua ajatellen suuri, mutta optimilaadun määrittäminen on vaikeaa, sillä koettu laatu riippuu katsojasta. Visuaalisen arvioinnin tuloksista saatiin kuitenkin hyvä yleiskäsitys valokuvakirjojen havaitusta laadusta, ja tulosten perusteella kirjat voitiin asettaa paremmuusjärjestykseen.

Tulosten perusteella kuvien laatu koettiin ensimmäisen tilauksen kirjojen arvioinnissa parhaaksi kirjassa D. Heikoiten arvioinnissa menestyi kirja B. Toisen tilauksen kirjojen kuvien arviointi antoi täysin päinvastaisia tuloksia. Toisessa arvioinnissa kirjalle B annettujen pisteiden kokonaismäärä oli huomattavasti muille kirjoille annettuja pisteitä suurempi. Heikoimmaksi laatu oli toisen kirjatilauksen visuaalisessa arvioinnissa koettu kirjassa A.

Mielenkiintoisia saaduista tuloksista tekee lisäksi se, että vaikka kirjan B valmistamo ilmoitti, että sen tuotannossa on muuttunut ainoastaan käytössä oleva paperityyppi, oli laadun parannus kyseisen kirjan kohdalla suurin.

Kaiken kaikkiaan valokuvakirjojen laatutaso liikkuu visuaalisen arvioinnin tulosten perusteella hyvän ja erittäin hyvän välimaastossa. Ilahduttavaa on huomio, että jo insinööriyön aikana painolaadun parantamiseen on ryhdytty kiinnittämään enemmän huomiota. Jo tehtyjen toimenpiteiden lisäksi kuvavalmistamoissa voitaisiin kehittää

digitaaliseen painamiseen liittyvää osaamista järjestämällä henkilökunnan koulutustilaisuuksia sekä ottamalla käyttöön vakiintuneita laitteiden huolto- ja ylläpitokäytäntöjä.

#### 4.3 Objektiiviset laatumittaukset

##### Testielementtien valinta

Objektiivisten mittausten onnistumisen kannalta ensiarvoisen tärkeää oli mitattavaksi valittavien laatutekijöiden huolellinen suunnittelu. Oman haasteensa laatuvertailun kehittämiseen toi se, ettei nelivärisille digitaalisille painokoneille ole standardia, joka mahdollistaisi esimerkiksi virhearvojen asettamisen. Digitaalisesti tuotetulle vedokselle on olemassa ISO 12647-7: 2007 -standardi, joka määrittelee tiettyjen laatuominaisuuksien toleranssit, ja offset-standardin (ISO 12647-2) toleranssien on todettu soveltuvan digitaaliseen painamiseen. Mittauksia suunniteltaessa tultiin kuitenkin siihen lopputulokseen, ettei kirjoista saatujen arvojen vertaaminen standardeihin ole tässä tapauksessa mielekästä.

Mitattavien laatutekijöiden suunnittelua vaikeutti niin ikään se, ettei kuvavalmistamoiden laitekannasta ja painoprosessin kulusta tiedetä juuri mitään, ja kaikki tiedot perustuvat lähinnä olettamuksiin. Insinööriyön suurimpana haasteena oli löytää mittausmenetelmä, josta saadut tulokset olisivat keskenään vertailukelpoisia.

Laatua päädyttiin tutkimaan RGB-testikartan mittaamisella. Testikartan mittaamisella kirjoille voidaan luoda profiilit, ja värintoistoalojen visuaalisella tarkastelulla voidaan tehdä tulkintoja kirjojen painatuslaadun välisistä eroista. Testikartaksi valittiin i1 Easy RGB 1.2 -targetti, joka sisältää 45 testikenttää (ks. liite 1). Koska tarkoituksena oli saada keskenään verrattavissa olevat tulokset, ei testikartan koolla ollut varsinaista merkitystä ja tämän pohjalta valitun testikartan katsottiin olevan riittävä vertailukelpoisten väriprofiilien luomiseen. Referenssiarvoksi väriprofiileille valittiin sRGB (Standard Red Green Blue) -väriprofiilin värintoistoavaruus.

Easy-targetin lisäksi kirjoihin sisällytettiin itse tehty testikartta. Testikarttaan sijoitettiin 7 testikenttää, jotka sisälsivät RGB- ja CMYK-väriarvot. Testikartasta luotuja profiileja käytettiin vertailuarvona Easy-targetista lasketuille väriprofiileille. Kahden testikartan käytöllä pyrittiin varmistamaan mittausten luotettavuus.

Kuvat, joihin testielementtejä liitettiin, muunnettiin muiden kuvien tapaan sRGB-väriavaruuteen ja tallennettiin jpg-formaattiin.

#### Testikenttien mittaaminen

Painetut testikartat mitattiin X-Riten Eye-One i1 -spektrofotometrillä (kuva 13). Mittausprosessia ohjaa Eye.One Match3 -sovellus, johon spektrofotometrillä saatu mittadata siirtyy automaattisesti. Mittauksista saadut arvot tallennetaan tekstitiedostoon ja siitä edelleen ICC-profiilitiedostoksi.

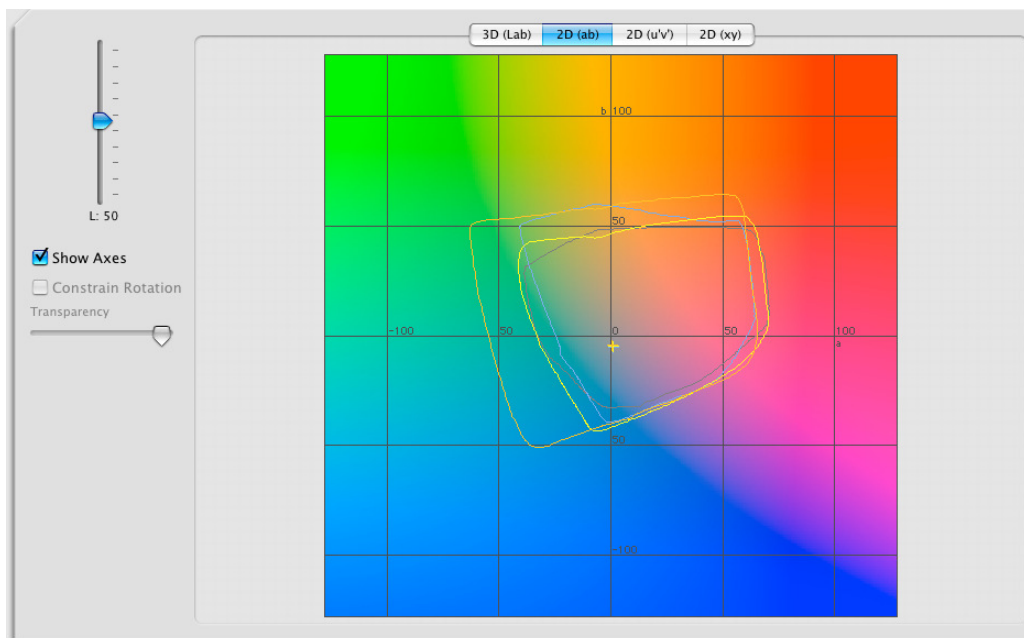


*Kuva 13. X-Rite Eye-One spektrofotometri [Jurrien 2007].*

Tallennetut profiilitiedostot tuotiin ProfileEditor-ohjelmaan, jolla värintoistoalat voidaan visuaalisesti piirtää joko kaksi- tai kolmiulotteisesti. Värintoistoaloja vertailtiin keskenään CIELab-väriavaruudessa. Lisäksi verrattiin toistoalojen pinta-alaa ja volyymiä sRGB-väriprofiilin toistoalaan kolmiulotteisessa muodossa.

## Värintoistoalojen visuaalinen tarkastelu

Värintoistoalojen muotoa ja laajuutta sekä eroa sRGB-väriprofiiliin tarkasteltiin visuaalisesti kaksi- ja kolmiulotteisesti. Kuvassa 14 on esitetty kaikkien kirjojen värintoistoalat kaksiulotteisesti L:n arvolla 50. Verrattaessa kirjojen gamuteja toisiinsa huomattiin, että värintoistoaloissa on ajoittain huomattaviakin eroja. Selkeimmin ero on havaittavissa kirjan D (oranssi) suhteessa muihin kirjoihin. Kirjan D gamut sinisen, vihreän ja punaisen sävyissä antaa muita suuremman värialueen, mutta magentaa kohti mentäessä erot tasoittuvat. Selkeimmät erot kaikkien gamutien toistoaloissa ovat nähtävissä vihreän ja keltaisen sävyissä.



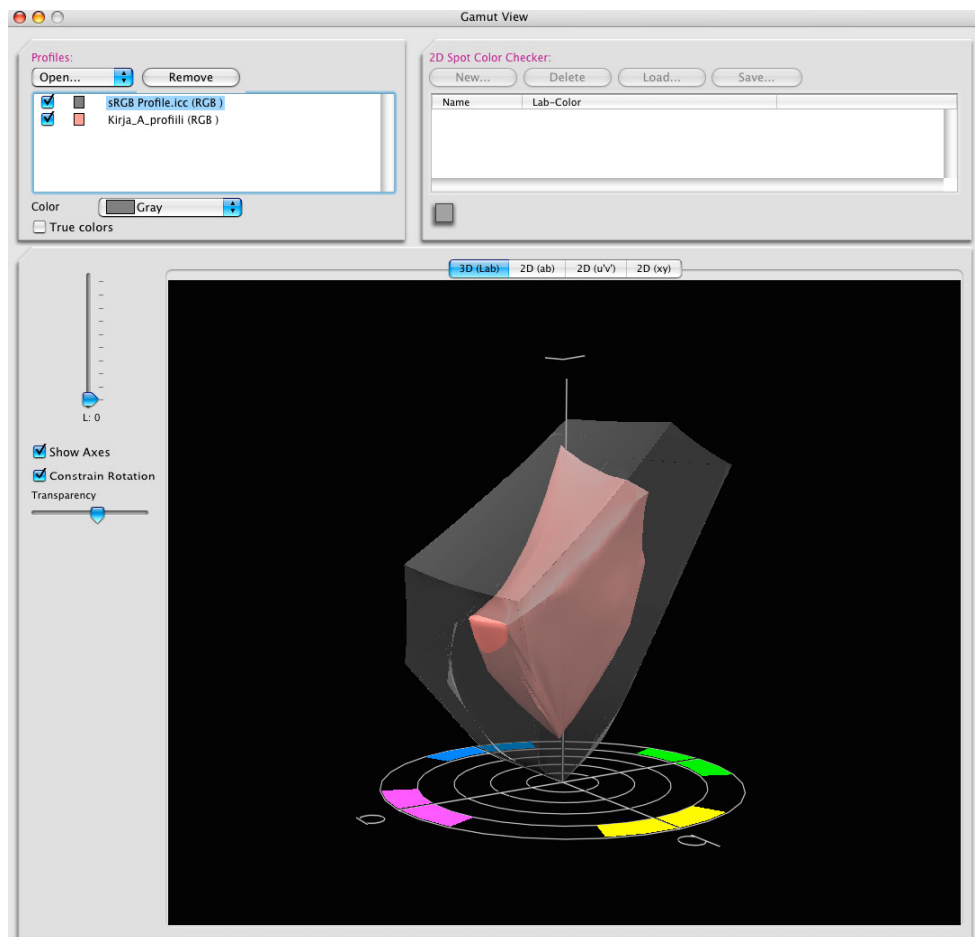
Kuva 14. Värintoistoalat kaksiulotteisessa muodossa: A (harmaa), B (sininen), C (keltainen), D (oranssi).

Kaikkien kirjojen värintoistoalat ja niiden vertailu sRGB-väriavaruuteen kolmiulotteisessa tarkastelussa ovat liitteessä 3. SRGB on värialaltaan muita profiileja selvästi suurempi sinisen, magentan ja punaisen sävyissä. Tummassa ja vaaleassa päässä erot ovat niin ikään selkeästi havaittavissa ja sRGB:n gamut ylittää jälleen kirjojen profiilien toistoalat.

Gamutin leveys tummassa päässä kertoo laitteen kyvystä toistaa värejä voimakkaalla densiteetillä [Evaluating ICC Profiles 2010]. Mitä laajemmalle alueelle gamut tummassa

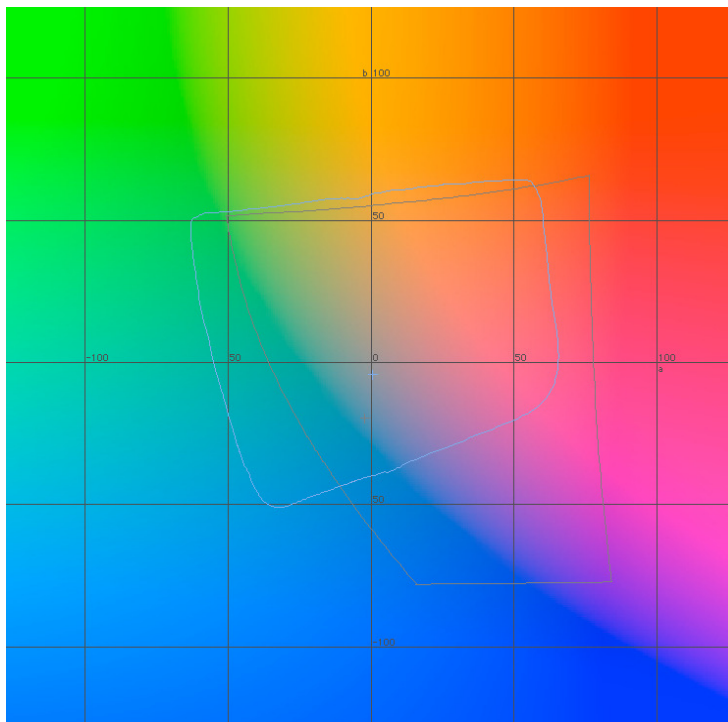


päässä levittyä, sitä kylläisempiä ja kirkkaampia värejä laitteella voidaan toistaa. Tätä havainnollistaa esimerkiksi kirjalle A tehty profiili (kuva 15). Profiilista nähdään, että gamut on tummassa päässä hyvin terävä. Tämän perusteella voidaan olettaa, että kirjan A värien densiteetit (tummuudet) kuvissa jäävät melko alhaisiksi.



Kuva 15. Gamutin terävä muoto tummassa päässä on havaittavissa erityisesti kirjalle A tehdyssä profiilissa.

Verrattaessa sRGB-profiilia kirjasta D tuotettuun profiiliin havaitaan, että sRGB:n värintoistoala jää sinivihreiden sävyjen kohdalla suppeammaksi (kuva 16). Painotuotannossa sRGB-väriprofiilin suurin rajoitus on siinä, että painotuote saattaa sisältää tiettyjä kylläisiä värejä, jotka eivät ole toistettavissa sRGB-avaruudessa. Tämän vuoksi erityisesti syyaanin kohdalla painamalla tuotettujen kuvien väriavaruus saattaa ulottua selvästi sRGB:n ulkopuolelle [Kuokka: 2007].



*Kuva 16. sRGB-profiilin ja kirjalle D tehdyn profiilin värintoistoalat kaksikulotteisesti.*

#### Objektiivisten mittausten johtopäätökset

Värintoistoalojen keskinäinen vertailu osoitti, että kirjojen A, B ja C gamutit muistuttavat kooltaan ja muodoltaan melko lailla toisiaan. Eroa toistoaloissa ilmeni lähinnä vihreän ja keltaisen sävyissä.

Kirjan D gamut on etenkin sinisen, vihreän ja punaisen sävyissä aivan omaa luokkaansa ja sen toistoala on vertailun suurin. Gamuteja vertailtaessa on kuitenkin syytä ottaa huomioon, että toistoalan koko ei yksiselitteisesti kerro painolaadun paremmuudesta. Värintoistoalan laajuuteen vaikuttavat muun muassa laitteen ominaisuudet, värinkonvertointitapa, käytetty muste ja paperi.

Kaikkien kirjojen profiileilla saavutetaan pienempi toistoala kuin sRGB-profiilissa. Tämä on luonnollista, sillä RGB-väriavaruus on kirjapainoalalla käytettyä CMYK-väriavaruutta laajempi, ja värien tulostaminen paperille luonnollisesti rajaa värintoistoalaa. Värien puutteellisuus havaitaan erityisesti silloin, kun RGB-muodossa oleva kuva muunnetaan CMYK-muotoon. Samoin on huomattava, että CMYK-väriavaruudesta löytyy myös sellaisia värejä, joita esimerkiksi digitaalisissa kameroissa käytettävä sRGB-väriavaruus

ei sisällä ja tästä syystä painetusta kuvasta mitattu väriavaruus saattaa joidenkin värien osalta olla sRGB-väriavaruutta laajempi.

## 5 Yhteenveto

Insinööriyön tarkoituksena oli tutkia valokuvakirjojen painolaatua mittauksin ja visuaalisin arvioinnein. Visuaalisen laadun arviointia varten kehitettiin sähköinen laadunarviointilomake, johon vastasi yhteensä 13 henkilöä. Objektiiivista laatua tutkittiin värintoistoalojen visuaalisella vertailulla. Arviointeja varten tehtiin kaksi erillistä kirjatilausta.

Visuaalisen laadun arvioinnin kannalta ensiarvoisen tärkeää oli kuvaan liitettävien laatuattribuuttien selvittäminen ja arvioinnissa käytettävien kuvien valinta. Kuvan laadun visuaalinen arvioiminen vain yhdellä testikuvalla olisikin ollut erittäin houkutteleva vaihtoehto. Useamman kuvan käyttöön kuitenkin päädyttiin, koska laajemman kuvajoukon arveltiin antavan luotettavampia tuloksia. Vain yhden testikuvan käyttö olisi lisäksi edellyttänyt mestarillisia kuvaustaitoja, sillä kuvaan olisi täytynyt sisällyttää useita laatuattribuuttien arvioimisessa tarvittavia piirteitä. Visuaalisen laadun arviointi toteutettiin koehenkilötestein, jotta aistinvaraista arviointia voitaisiin pitää objektiivisempänä.

Objektiivisen laadun mittaamista varten kirjoihin sisällytettiin i1 Easy RGB -testikartta. Oman haasteensa testielementtien valintaan aiheutti referenssi- ja viitearvojen puute. Painoprosessin kulusta tai sen muuttujista ei niin ikään ollut tarkkaa tietoa. Objektiiivisissa mittauksissa päädyttiin värintoistoalojen visuaaliseen tarkasteluun, sillä gamutien keskinäinen vertailu havainnollistaa selkeästi kirjojen painolaatujen välisiä eroja.

Insinööriyössä opittiin paljon väriprofileista ja siitä, miten värit käyttäytyvät digitaalisissa painoprosesseissa. Erityisen hankalaksi osoittautui profiilien analysointi referenssiarvojen puuttuessa. Työssä keskityttiinkin pääasiassa vertailemaan profiilien värintoistoaloja keskenään ja tekemään havainnoista päätelmiä. Insinööriyötä tehtäessä opittiin tämän myötä erittäin paljon myös gamutien tulkinnasta.

Insinööriyötä voitaisiin vielä kehittää kartoittamalla valmistamoiden käytössä oleva laitekanta ja perehtymällä siihen, mitä painoprosessissa todella tapahtuu. Tarkat tiedot

valmistamoiden toiminnasta ja ymmärrys prosessin kulusta auttaisi varmasti tulkintojen tekemisessä ja tulosten analysoimisessa. Lisäksi voitaisiin kehittää laadun arviointiin uusia menetelmiä, joita ei tässä työssä käsitelty.

## Lähteet

Arvinen, Mikko. 2010. Energiansäästölamppujen valintaopas. (WWW-dokumentti.) Sähköinfo Oy. <[http://www.sahkoala.fi/kohderyhmat/pienrakentajat/valaistus/fi\\_FI/energiansaastolamput/](http://www.sahkoala.fi/kohderyhmat/pienrakentajat/valaistus/fi_FI/energiansaastolamput/)>. Luettu 23.9.2010.

Blum, John B. 2007. Ink Jet Printing for High-Frequency Electronic Applications. (WWW-dokumentti.) <<http://pcdandf.com/cms/magazine/95/3839>>. Luettu 7.9.2010.

Ifolor tuo valokuvakirjat Suomen markkinoille. 2007. (WWW-dokumentti.) Cision Wire. <<http://www.cisionwire.fi/cocomms/ifolor-tuo-valokuvakirjat-suomen-markkinoille>>. Luettu 6.9.2010.

Evaluating ICC Profiles. 2010. (WWW-dokumentti.) Correct Color. <<http://correctcolor.org/cccommentary/?p=25%3E%202010>>. Luettu 4.11.2010.

Hidén, Johannes. 2008. Valokuvaa sokeasti arvioivien algoritmien yhdistetty suorituskyky laatuun pohjautuvassa kuvien luokittelussa. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu.

Hovi, Eero. 2009. Värinsäästöohjelmiston valinta ja käyttöönotto digitaalisessa painossa. Insinöörityö. Metropolia Ammattikorkeakoulu.

Honkonen, Jukka. 2009. Digitaalisen painokoneen laatukäsikirja. Insinöörityö. Metropolia Ammattikorkeakoulu.

Jaarinen, Marja. 2001. Verkkopalvelujen käytettävyys. Insinöörityö. Metropolia Ammattikorkeakoulu.

Juhola, Helene; Bäck, Asta; Siivonen, Timo; Lindberg, Tatu; Pitkänen, Mikko; Södergård, Caj; Nurmi, Olli. 1998. Digitaalinen painaminen osana toimintoketjuja. (WWW-dokumentti.) VTT. <<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/1998/T1901.pdf>>. Luettu 16.2.2010.

Jurrien, Ralf. 2007. PhotoLT print color calibrator. (WWW-dokumentti.) <[http://www.pma-show.com/news\\_images/00246\\_xrite\\_eyeeone.jpg](http://www.pma-show.com/news_images/00246_xrite_eyeeone.jpg)>. 12.3.2007. Luettu 8.11.2010.

Katila, Tommi. 2006. ICC-profiilin luontivaiheen parametrien vaikutus väriavaruuden laajuuteen. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu.

Kaukoniemi, Juha. 1998. Harmaatasapaino. (WWW-dokumentti.)  
<<http://www.volantis.fi/sivut/color-theory.html>>. Luettu 23.9.2010.

KTA-Yhtiöt. 2006. 5000° K on graafisen alan normivalaistus. Piste 1–2, s. 12.

Kuokka, Henri. 2007. Näyttöjen eliittiä etsimässä. (WWW-dokumentti.)  
<[http://www.tietokone.fi/lehti/tietokone\\_5\\_2007/nayttojen\\_eliittia\\_etsimassa\\_1321](http://www.tietokone.fi/lehti/tietokone_5_2007/nayttojen_eliittia_etsimassa_1321)>. Luettu 3.11.2010.

Lehtonen, Eero; Mattila, Pentti; Veilo, Petri; Ranninen, Tarja. 2003. Digitaalinen painoviestintä. Helsinki: WSOY.

Lehtonen, Tapio. 1998. Digitaalinen painaminen. Helsinki: Opetushallitus.

Lehtinen, Marko. 2006. Elektrofotografia ja sen asettamat vaatimukset painopaperille. (WWW-dokumentti.) <<https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/9460/TMP.objres.764.pdf?sequence=2>>. Luettu 28.1.2010.

Nuutinen, Mikko. 2008. Painetun kuvanlaadun tutkijat pyrkivät mittaamaan havaittua laatua. (WWW-dokumentti.) <<http://www.painomaailma.fi/node/741>>. 18.3.2008. Luettu 23.9.2010.

Ristimäki, Seija; Spännäri, Toni; Viluksela, Pentti. 2007. Painoviestinnän tekniikka. Keuruu: Opetushallitus.

Valokuvakirjat: Tuotteistaminen ja ansaintalogiikka selviksi. Julkaisija 5/2009.

Toivonen, Anna. 2007. Stokastisen rasterin vaikutus painoprosessin hallintaan. (WWW-dokumentti.) <[http://owwww.media.hut.fi/~julkaisut/diplomityot/DI\\_A\\_Toivonen\\_2007.pdf](http://owwww.media.hut.fi/~julkaisut/diplomityot/DI_A_Toivonen_2007.pdf)>. Luettu 28.1.2010.

Torres, Agustin. 2008. Avaimet digionneen. Agi 20/2008, s. 29–31.

Viluksela, Pentti. 2007. Graafinen tekniikka. Luentomoniste. Metropolia Ammattikorkeakoulu.

VTT kehitti laitteiston musteen ja painomateriaalin vaikutusten tutkimiseksi. 2007. (WWW-dokumentti.) VTT. <<http://www.vtt.fi/uutta/2007/20070509.jsp>>. Luettu 28.1.2010.

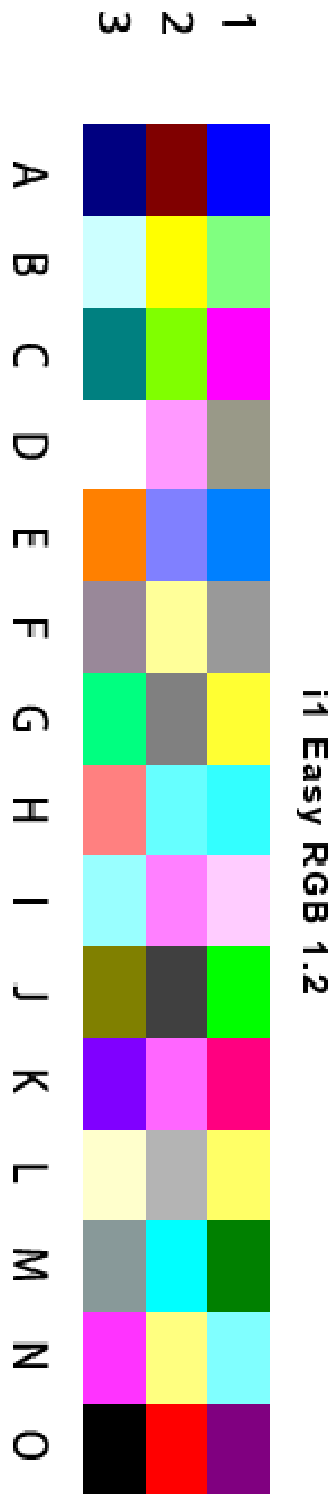
Vogl, Howard. 2008. A Survey of Digital Press Manufacturers: Critical Paper Requirements. <<http://print.rit.edu/pubs/picrm200803.pdf>>. Luettu 27.9.2010.

Waloszek, Gerd; Wiegand, Christine. 2003. Color Glossary A-C. (WWW-dokumentti.)  
<[http://www.sapdesignguild.org/resources/glossary\\_color/](http://www.sapdesignguild.org/resources/glossary_color/)>. Luettu 19.10.2010.

Ylinen, Jussi. 2003. Pisaran leviäminen huokoisessa materiaalissa. (WWW-dokumentti.)  
<[http://www.jyu.fi/static/fysiikka/vaitoskirjat/2003/jussi\\_ylinen\\_phlic.pdf](http://www.jyu.fi/static/fysiikka/vaitoskirjat/2003/jussi_ylinen_phlic.pdf)>.  
Luettu 16.2.2010.



I1 Easy RGB 1.2 -testikartta



# Subjekttiivisen laadun arviointilomake

## Valokuvakirjojen subjekttiivisen laadun arviointilomake

Arvioi valokuvakirjojen laatua lomakkeessa esitettyjen attribuuttien perusteella ja merkitse havaintosi pisteytystaulukkoon. Kirjat A, B, C ja D arvioidaan yksitellen kukin omaan arviointitaulukkoonsa.

**Arvioinnissa käytetty pisteytys (asteikko 1-5):**

- 5 Erinomainen
- 4 Erittäin hyvä
- 3 Hyvä
- 2 Kohtalainen
- 1 Heikko

**Lue ennen arvioinnin aloittamista oheiset selitykset laatuattribuuteille.**

*Värien luonnollisuus*

Värien luonnollisuudella tarkoitetaan sitä, miten todennukaisesti kuvien värit toistuvat. Tämä korostuu erityisesti niin sanottujen muistivärien kohdalla, sillä silmä erottaa näiden värisävyjen virheet herkästi. Muistivärejä ovat muun muassa ihonvärit, taivaansini, nurmen vihreä ja neutraaliharmaa.

*Värien kylläisyys*

Värien kylläisyys kertoo värin voimakkuuden ja puhtauden.

*Yksityiskohtien toisto*

Yksityiskohtien toistolla kuvataan painatuksen kykyä toistaa pieniä yksityiskohtia.

*Terävyys*

Terävyydellä tarkoitetaan kuvassa olevien ääriviivojen tarkkarajaisuutta.

*Tumman ja vaalean pään toisto*

Kuvan tummalla ja vaalealla päällä tarkoitetaan kuvan tummintaa ja vaaleinta toistettavissa olevaa sävyä. Onnistuneessa tumman ja vaalean pään toistossa äärisävyissä ei ole tukkeumia, vaan yksityiskohdat toistuvat ja erottuvat selkeästi.

Kun olet vastannut kaikkiin kysymyksiin, valitse "Tallenna".

KIRJA A

A

	1	2	3	4	5
Värien luonnollisuus	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Värien kylläisyys	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Yksityiskohtien toisto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Terävyys	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tumman ja vaalean pään toisto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Yleisarvosana laadulle	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

KIRJA B

B

	1	2	3	4	5
Värien luonnollisuus	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Värien kylläisyys	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Yksityiskohtien toisto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Terävyys	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tumman ja vaalean pään toisto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Yleisarvosana laadulle	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

KIRJA C

C

	1	2	3	4	5
Värien luonnollisuus	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Värien kylläisyys	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Yksityiskohtien toisto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Terävyys	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tumman ja vaalean pään toisto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Yleisarvosana laadulle	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

KIRJA D

D

	1	2	3	4	5
Värien luonnollisuus	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Värien kylläisyys	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Yksityiskohtien toisto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Terävyys	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tumman ja vaalean pään toisto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Yleisarvosana laadulle	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

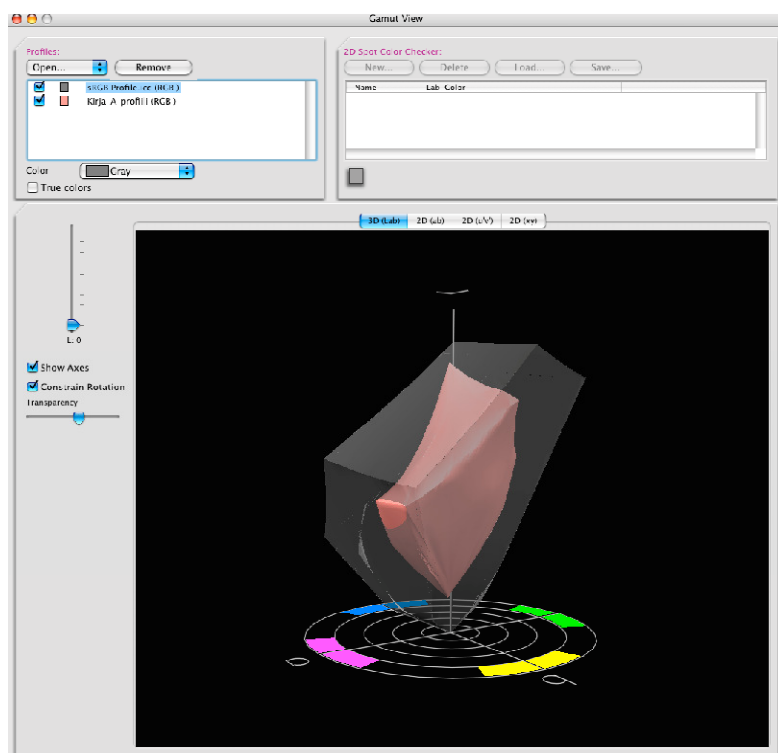
Tietojen lähetyk

Tallenna

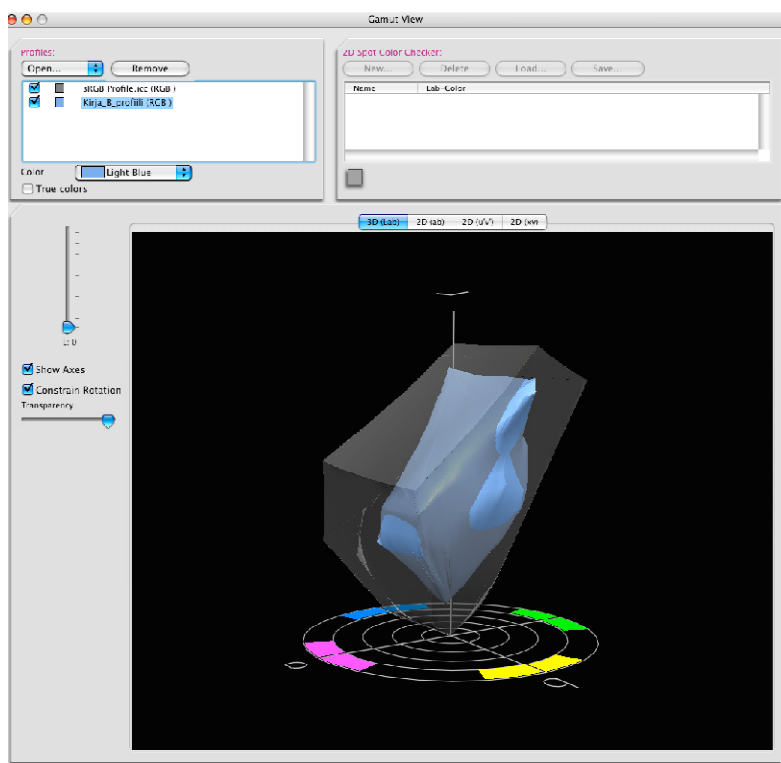
Kirjautu ulos

Kiitos vastauksistasi!

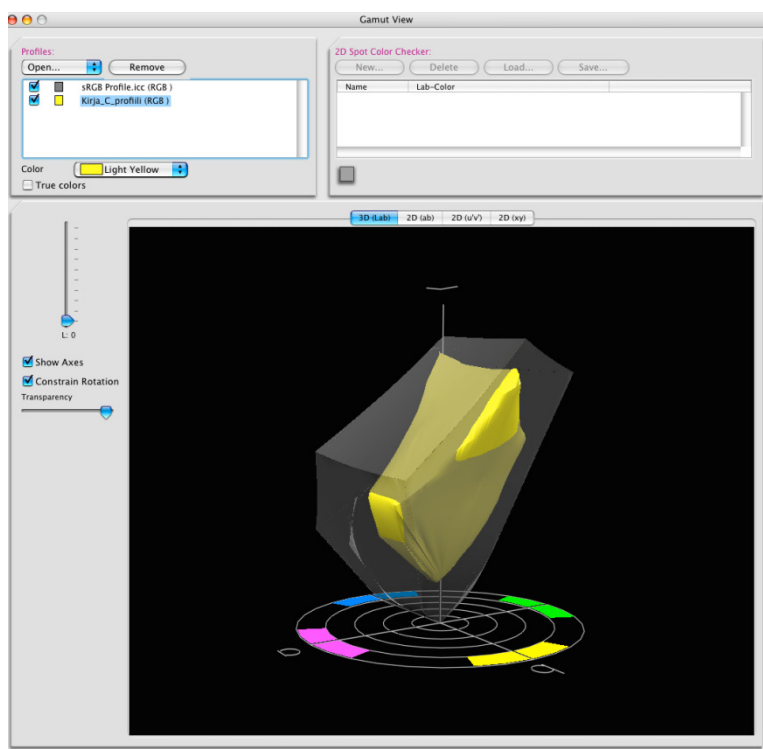
## Värintoistoalat



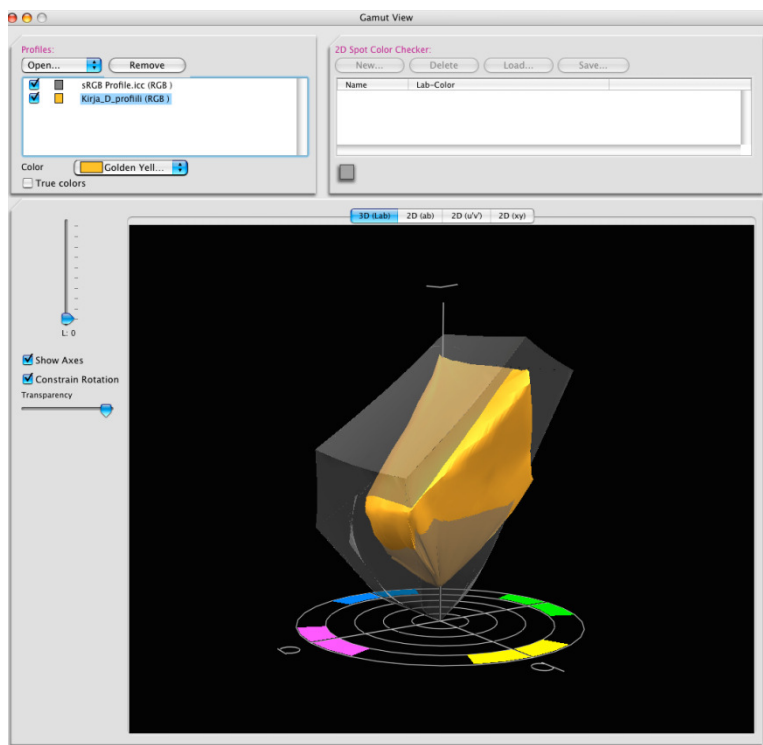
*Kirja A (vaaleanpunainen).*



*Kirja B (sininen).*



*Kirja C (keltainen).*



*Kirja D (oranssi).*